



JKPK (JURNAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA), Vol 4, No 2, Tahun 2019  
Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Sebelas Maret  
<https://jurnal.uns.ac.id/jkpk>

Hal. 115-122  
ISSN 2503-4146  
ISSN 2503-4154 (online)

## EKSTRAKSI Au DARI BATUAN MINERAL DENGAN HIDROMETALURGI AERASI-SIANIDASI SERTA KAJIAN PERBANDINGAN EFEKTIVITASNYA PADA BERBAGAI METODE DAN PELARUT

*Au Extraction from Rocks Mineral with Aeration-Cyanidation  
Hydrometallurgy and Comparative Study of Its Effectiveness  
in Various Methods and Solvents*

**Dhita Ariyanti<sup>1,\*</sup> dan Muhammad Syaifuddin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknokimia Nuklir, Jurusan Teknokimia Nuklir, STTN BATAN  
Jl. Babarsari, PO BOX 6101 YKBB, Yogyakarta 55281, Indonesia

<sup>2</sup>Central Laboratorium, PT. Wilmar Nabati Indonesia  
Jl. Kapten Darmo Sugondo No. 56, Gresik, Jawa Timur 61124, Indonesia

\* Untuk korespondensi: Tel. +62-274-484085, email: [dhita.ariyanti@batan.go.id](mailto:dhita.ariyanti@batan.go.id)

Received: April 01, 2019

Accepted: August 29, 2019

Online Published: August 31, 2019

DOI : 10.20961/jkpk.v4i2.29020

### ABSTRAK

Indonesia merupakan negara dengan potensi bahan tambang yang sangat melimpah, salah satunya adalah logam emas (Au) yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi. Pemisahan logam emas dari batuan mineralnya terdiri dari beberapa metode, seperti ekstraksi, hidrometalurgi, dan teknologi membran emulsifier. Ketiga metode ini menghasilkan efektivitas persentase perolehan kembali (%*recovery*) yang berbeda-beda, bergantung pada kondisi optimum masing-masing metode dan jenis pelarutnya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemisahan logam emas dari batuan mineral melalui metode hidrometalurgi dengan kombinasi pelarut aerasi-sianidasi. Metode hidrometalurgi merupakan ekstraksi logam dari batuan menggunakan media cair. Pengujian yang digunakan adalah uji kualitatif larutan SnCl<sub>2</sub> dan uji karakterisasi dengan XRF. Hasil menunjukkan bahwa persentase perolehan kembali (%*recovery*) logam Au dengan proses *preleaching* berupa aerasi dan sianidasi selama 24 jam adalah 92,8%. Selain itu, proses sianidasi-aerasi ini lebih baik jika dibandingkan dengan metode membran emulsifier dan metode hidrometalurgi berpelarut natrium bisulfit, hidrogen peroksida, dan Cyanex 272 dengan NH<sub>4</sub>Cl 0,9 M.

**Kata Kunci:** pemisahan, hidrometalurgi, sianidasi, %*recovery*

### ABSTRACT

Indonesia is a country with abundant mining potential, one of it is gold (Au) which has a high economic value. Separation of gold metal from mineral rock consists of several methods, such as extraction, hydrometallurgy, and membrane emulsifier technology. These three methods produce different effectiveness of percentage recovery (%*recovery*), depend on the optimum conditions of each method and type of solvent. This study aims to separate the gold metal from mineral rocks through the hydrometallurgical method with an aeration-cyanidation solvent combination. Hydrometallurgy method is liquid extraction from ores. The test used is a qualitative test of SnCl<sub>2</sub> solution and characterization test with XRF. The results showed that the percentage

of recovery (%recovery) of Au with aeration and cyanidation process for 24 hours was 92.8%. Aeration and cyanidation better than emulsifier membrane method and hydrometallurgy with sodium bisulphite, hydrogen peroxide, Cyanex 272 and  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0.9 M.

**Keywords:** *separation, hydrometallurgy, cyanidation, %recovery*

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi penambangan emas cukup tinggi. *Data mining statistics of nonpetroleum and natural gas* yang dirilis oleh Badan Pusat Statistika menyebutkan bahwa produksi emas Indonesia tahun 2015 meningkat menjadi 92.339 kg dari 68.220 kg pada tahun 2011. Data BPS juga menyatakan bahwa persentase nilai tambah produksi emas menurut harga pasar terhadap nilai output mencapai 85,82% [1]. Hal ini mengindikasikan bahwa emas masih menjadi komoditas unggul bagi perekonomian di Indonesia. Sejalan dengan hal tersebut, maka perlu dilakukan berbagai penelitian untuk meningkatkan produksi emas dari batuan mineral di berbagai daerah.

Peningkatan produksi emas dapat dilakukan dengan melakukan proses eksplorasi batuan mineral yang mengandung emas. Selanjutnya, emas dipisahkan dari batuan mineral tersebut dengan berbagai metode yang sudah pernah diteliti. Permasalahan yang sering timbul dari kegiatan pemisahan emas (Au) adalah rendahnya persentase perolehan kembali (*recovery*) Au dari batuan mineralnya.

Beberapa metode pemisahan logam Au dari batuan mineralnya telah banyak diteliti, seperti metode ekstraksi, hidrometalurgi, dan teknologi membran. Dalam pemisahan logam Au dari bijihnya

dengan metode ekstraksi, pemilihan jenis pelarut sangat menentukan persentase perolehan kembali (*recovery*) logam Au. Hal ini bergantung pada rasio distribusi zat terlarut (dalam hal ini logam Au) pada pelarut polar dan nonpolar (organik). Penelitian sebelumnya melaporkan penggunaan larutan ionik yang berasal dari kation tetrahexylammonium dan tetraoctylammonium dengan anion yang berbeda seperti dicyanamide ( $\text{Dca}^-$ ), thiocyanato ( $\text{SCN}^-$ ) dan bis(trifluoro methysulfonyl) imide ( $\text{Tf}_2\text{N}^-$ ) untuk ekstraksi logam Au yang terlarut dalam larutan klorida [2]. Telah dilakukan penelitian tentang penggunaan larutan ionik lain untuk ekstraksi Au dalam klorida. Dalam penelitian tersebut, ekstraksi Au dilakukan dengan beberapa pelarut seperti  $[\text{Bmim}][\text{Tf}_2\text{N}]$ ,  $[\text{Bmim}][\text{PF}_6]$ , dan Cyphos 101 [3]. Penelitian lain melaporkan penggunaan pelarut Cyanex 272 dalam kerosin untuk ekstraksi logam Au dalam larutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dengan variasi konsentrasi yang berbeda [4]. Logam Au dalam HCl juga dapat diekstraksi dengan fasa organik berupa N-dodecylpiperidine dalam beberapa pelarut anorganik yang berbeda. Pelarut anorganik yang berbeda konsentrasi akan menunjukkan hasil persentase perolehan (% *recovery*) yang berbeda-beda [5].

Selain metode ekstraksi, logam Au dapat dipisahkan dari bijihnya melalui prinsip hidrometalurgi. Hidrometalurgi merupakan ekstraksi yang mengolah bijih menjadi logam

dengan media cair. Salah satunya penelitian pemisahan Au dengan prinsip hidrometalurgi menggunakan pelarut aqua regia [6]. Selain aqua regia, beberapa pelarut seperti HCl dan  $H_2O_2$  [7] serta pelarut natrium bisulfit [8] juga digunakan sebagai oksidator Au. Selain hidrometalurgi dan ekstraksi cair, pemisahan logam Au juga dapat dilakukan melalui teknologi membran emulsifier. Penelitian tentang penggunaan teknologi membran emulsi menyebutkan bahwa mampu menghasilkan persentase *recovery* logam Au sebesar 83, 24% [9].

Beragam metode dan jenis pelarut yang digunakan dalam penelitian sebelumnya dikatakan kurang efektif dalam memisahkan Au dari batuan mineralnya. Selain karena jenis pelarut yang mahal, persentase *recovery* juga tidak sampai 100%. Hal ini mendorong penelitian ini untuk mengeksplorasi lebih lanjut tentang pelarut yang digunakan sebagai ekstraksi logam Au dari batuan mineralnya secara hidrometalurgi. Penelitian ini akan mengkaji tentang efektivitas pemisahan logam Au terhadap penggunaan pelarut sianida yang dikombinasikan dengan aerasi. Pelarut sianida merupakan reagen yang paling sering digunakan untuk mengisolasi emas pada skala industri, selain itu sianida mampu menghasilkan persentase *recovery* logam Au cukup tinggi. Kombinasi aerasi yang diimplementasikan sebelum sianidasi dalam hidrometalurgi bertujuan untuk mengurangi pembentukan film pasif yang mengganggu kontak antara sianida dan logam Au dalam proses oksidasi. Hasil penelitian akan dikaji perbandingan efektivitas berbagai metode dengan jenis pelarut yang berbeda.

## METODE PENELITIAN

### 1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ball mill, satu set alat sianidasi, bak penampung bertingkat, alat pengaduk, indikator universal, pompa air, dan peralatan lain yang mendukung. Instrumen yang digunakan untuk analisis adalah XRF Minipal 14 PANalytical dan ICP-AES/ICPS. Bahan yang digunakan diantaranya sampel batuan mineral natrium sianida (NaCN) 1%, kapur tohor (CaO), dan NaOH 12 M serta larutan  $SnCl_2$  0,5 M yang dibuat dari padatan alloy dengan kadar timah 60%.

### 2. Prosedur Kerja

Prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini diantaranya:

#### a. Homogenisasi Batuan Mineral

Batuan mineral sebanyak 14 kg dipecah kemudian dihaluskan sampai 75 mesh dengan ball mill dan dicampur sampai homogen. Penghalusan batuan mineral bertujuan untuk membebaskan mineral Au yang terjebak pada tiap bagian sampel batuan.

#### b. Pengujian Kadar Au batuan mineral

Sampel batuan dalam bentuk lumpur yang berukuran +75 mesh diambil sebanyak 100 gr, kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kandungan airnya. Endapan yang telah kering kemudian dianalisis kandungan mineralnya dengan menggunakan instrumen XRF Minipal 14 PANalytical. Hasil Au yang diperoleh adalah jumlah Au dalam batuan mineral sebagai *raw material*.

c. Proses Sianidasi

Batuan yang telah dihaluskan akan dilarutkan dengan NaCN (proses sianidasi) dan pemberian aerasi (*preleaching*) selama 3 jam serta waktu kontak *leaching* selama 24 jam [10]. Perbandingan berat batuan yang telah dihaluskan terhadap larutan sianida (NaCN) adalah 1:1, diaduk sambil mengatur kondisi pH antara 10-11 [11] menggunakan kapur tohor (CaO), dan ditambah NaOH.

d. Pengujian Kadar Au yang Terekstrak

Pulp yang terbentuk disaring, filtrat hasil pemisahan diuji kualitatif dengan SnCl<sub>2</sub>. Endapan yang terbentuk dari hasil penambahan dengan SnCl<sub>2</sub> dioven pada suhu 110°C selama 2 jam. Hasil endapan dianalisis menggunakan instrumen X-Ray fluorescence (XRF) Minipal 14 PANalytical. Kandungan Au yang dianalisis ini adalah Au yang terkestraks dari batuan mineral melalui proses sianidasi.

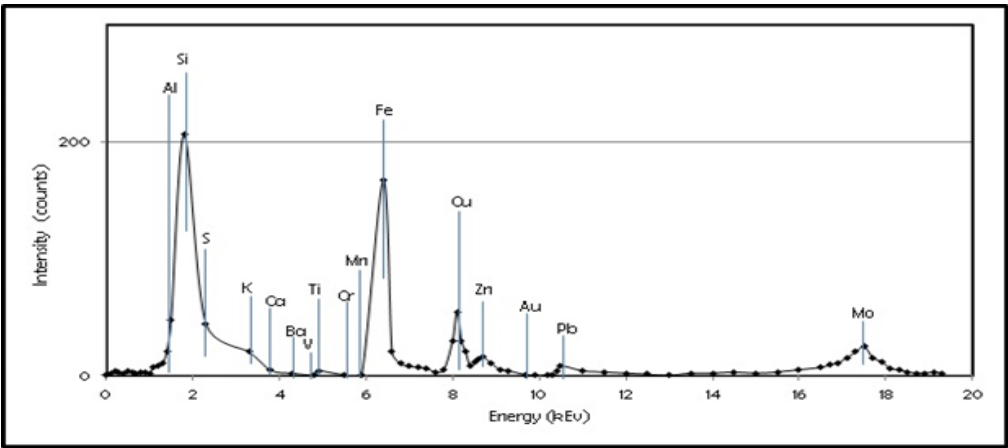
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggerusan batuan mineral berfungsi untuk menghomogenkan batuan dan membebaskan mineral Au yang terjebak pada tiap

bagian sampel batuan. Fungsi pengaturan antara pH 10 dan 11 agar hasil perolehan kembali logam Au dapat dilakukan secara maksimal. Jika sianidasi dilakukan pada pH dibawah 10 maka akan terbentuk gas HCN yang sangat beracun, sedangkan HCN tidak mempunyai kemampuan untuk melarutkan emas. Sedangkan pada pH lebih besar dari 11, maka akan terbentuk peroksida. Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan kadar logam pada batuan mineral sebelum dilakukan ekstraksi.

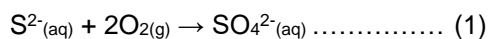
Tabel 1. Kadar logam pada batuan mineral sebelum dilakukan ekstraksi yang diukur dengan XRF

Unsur logam	Kadar (%)
Al	7.9
Si	34.3
S	7.4
K	3.35
Ca	0.74
Ti	0.68
V	0.04
Cr	0.087
Mn	0.13
Fe	27.8
Cu	9.07
Zn	2.64
Mo	4.1
Ba	0.3
Au	0.07
Pb	1.4



Gambar 1. Spektra XRF raw material batuan mineral sumber Au

Tujuan aerasi ini adalah memberikan suplai oksigen dari udara guna mengoksidasi sejumlah sulfida yang larut menjadi sulfat seperti pada reaksi:

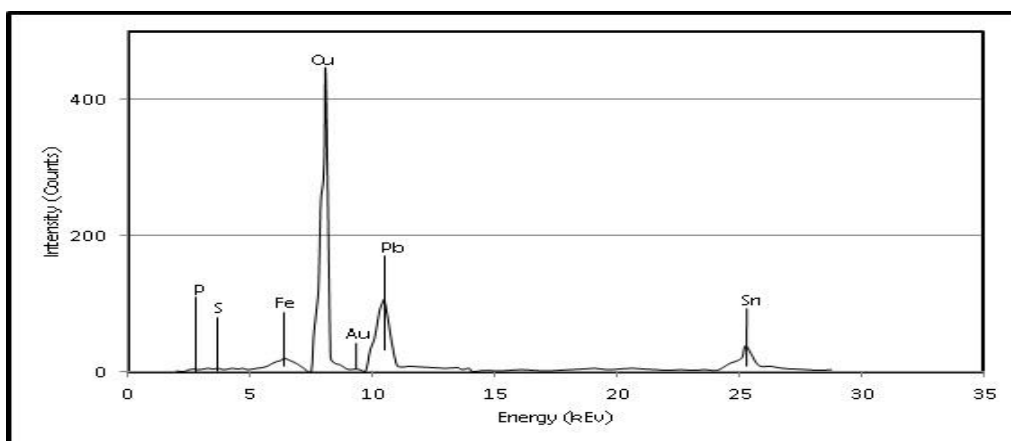


Keberadaan sulfida dapat membentuk film pasif pada permukaan emas selama proses sianidasi jika tidak dihilangkan, sehingga dapat menghalangi reaksi antara sianida dan emas pada waktu sianidasi. Setelah dihasilkan endapan dari penambahan dengan  $\text{SnCl}_2$ , endapan dianalisis dengan XRF. Hasil analisis endapan atau residu yang dilakukan dengan XRF disajikan pada Tabel 2 dan difraktogram Gambar 2. Sedangkan

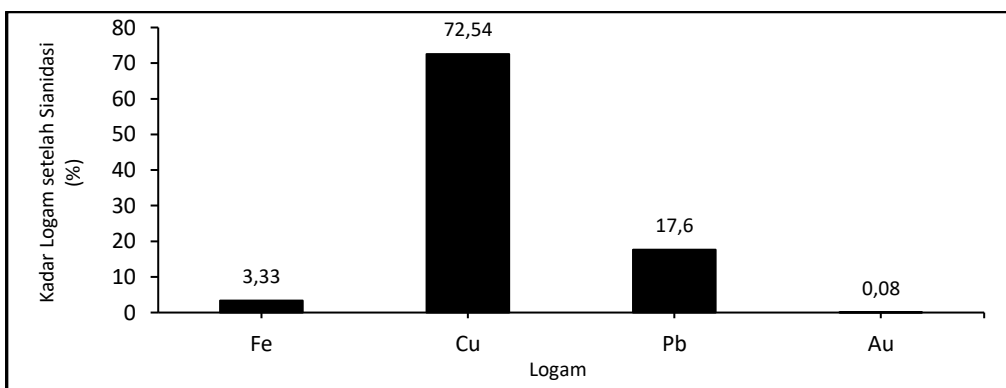
persentase perolehan kembali (*recovery*) logam pada Gambar 3.

Tabel 2. Kadar logam pada endapan batuan mineral setelah dilakukan aerasi dan sianidasi selama 24 jam diukur dengan XRF

Kandungan unsur	Kadar logam (%)
P	0.2
S	tt
Fe	3.33
Ni	Tt
Cu	72.54
Sr	tt
Sn	6.3
Au	0.065
Pb	17.6



Gambar 2. Spektra XRF hasil pemisahan dengan prinsip hidrometalurgi sianidasi-aerasi



Gambar 3. Diagram persentase perolehan kembali logam dalam endapan batuan mineral setelah dilakukan aerasi dan sianidasi selama 24 jam

Berdasarkan diagram pada Gambar 3, nampak bahwa persentase perolehan kembali (*recovery*) logam Au akibat pemisahan dengan prinsip hidrometalurgi menggunakan aerasi sianidasi mencapai 92,8%. Dalam ekstraksi ini, tidak hanya logam Au, tetapi logam Cu, Pb, dan Fe juga terpisah dari batuan mineral.

Keberadaan logam lain selain Au sangat berpengaruh terhadap *recovery* emas. Keberadaan logam-logam tersebut akan mengkonsumsi sebagian besar oksigen dan sianida. Hal ini berdampak pada

pengurangan *recovery* emas yang dihasilkan. Secara teoritis, logam akan terlarut misalnya, logam Cu membentuk tembaga sianokompleks  $[\text{Cu}(\text{CN})_2^-]$  dan  $[\text{Cu}(\text{CN})_3^{2-}]$ , atau logam Fe membentuk besi sianokompleks  $[\text{Fe}(\text{CN})_2^{4-}]$  atau  $[\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}]$ .

Jika dibandingkan dengan beberapa metode dan jenis pelarut yang berbeda-beda, maka prosentase perolehan kembali logam Au akan mendapatkan hasil yang berbeda pula. Data ekstraksi emas dengan berbagai metode dan pelarut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data pemisahan logam Au dengan berbagai metode dan pelarut\*

Metode	Jenis pelarut	% <i>recovery</i>
Ekstraksi	Kation tetrahexylammonium dan tetraoctylammonium dengan anion yang berbeda seperti dicyanamide (Dca-), thiocyanato (SCN-) dan bis(trifluoro methysulfonyl) imide (Tf2N-) [2]	>95%
	[Bmim][Tf2N], [Bmim][PF6], dan Cyphos 101 [3]	>90%
	Cyanex 272 dengan $\text{NH}_4\text{Cl}$ 1 M [4]	100%
	Cyanex 272 dengan $\text{NH}_4\text{Cl}$ 0,9 M [4]	60%
	N-dodecylpiperidine pada 0,1 M tiourea dalam 1 M HCl [5]	100%
Hidrometalurgi	Natrium bisulfat [8]	88,12%
	Aqua regia [6]	Dilaporkan perbandingan optimum $\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 1:3$
	Glycine cyanide synergistic (CGS) 800 ppm [12]	99,5%
	Sianidasi dengan hidrogen peroksida [13]	91.3% hingga 92.5%.
	Aerasi-sianidasi **	92,8%
	Membran emulsifier metil isobutil keton (MIBK) [9]	83, 24%

\*diambil dari berbagai sumber literatur

\*\* hasil penelitian

Jika dibandingkan dengan beberapa metode yang berbeda, efektivitas perolehan kembali logam Au cukup bervariasi. Persentase perolehan kembali logam Au melalui metode ekstraksi dengan pelarut Cyanex 272 dengan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 M diperoleh hingga 100%. Hal ini tentu sejalan dengan beberapa kondisi optimum seperti pemilihan jenis fasa organik dan fasa anorganik, rasio

distribusi kedua jenis pelarut, konsentrasi, pH, maupun waktu kontak. Penggunaan konsentrasi larutan anorganik yang kurang tepat mampu mempengaruhi efektivitas perolehan kembali logam Au, seperti pada penelitian dengan pelarut Cyanex 272 pada  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,9 M yang hanya menghasilkan % *recovery* sebesar 60%. Pada metode hidrometalurgi, efektivitas yang dicapai tidak

sampai 100% seperti pada metode ekstraksi dengan pelarut organik. Hal ini tentu saja diimbangi dengan penggunaan teknologi yang sederhana dan tidak menggunakan pelarut organik. Sedangkan penggunaan teknologi membran emulsifier memiliki persentase perolehan kembali yang tergolong rendah jika dibandingkan dengan kedua teknologi sebelumnya. Meskipun *%recovery* logam Au tidak setinggi pada metode ekstraksi, namun penggunaan pelarut sianida yang dikombinasikan dengan aerasi terbukti memiliki *%recovery* lebih tinggi dibandingkan dengan metode membran emulsifier. Hal ini menjadi pertimbangan bagi para peneliti untuk mengeksplorasi berbagai jenis pelarut pada metode ekstraksi ataupun hidrometalurgi guna mendapatkan persentase *recovery* logam Au yang tinggi dalam mineral batuan.

## KESIMPULAN

Persentase perolehan kembali (*recovery*) logam Au dengan metode hidrometalurgi menggunakan sistem aerasi-sianidasi sekitar 92,8%. Kurang efektifnya *% recovery* disebabkan adanya logam kompetitor yang membentuk kompleks dengan CN. Sehingga efektivitas logam Au membentuk kompleks dengan CN menurun. Hasil perbandingan beberapa metode pemisahan logam Au dari batuan mineral dapat disimpulkan bahwa proses sianidasi-aerasi ini lebih baik jika dibandingkan dengan metode membran emulsifier dan metode hidrometalurgi berpelarut natrium bisulfit, hidrogen peroksida, dan Cyanex 272 dengan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,9 M. Namun, persentase

perolehan kembali Au pada sianidasi-aerasi ini belum lebih baik daripada metode ekstraksi dengan beberapa pelarut yang lain. Secara umum, kondisi optimum sianidasi-aerasi logam Au dari batuan mineral merupakan hal yang harus selalu dikembangkan.

## DAFTAR RUJUKAN

- [1] D. Iswanto, "Statistik Pertambangan Nonminyak dan Gas Bumi Mining Statistics of Non-Petroleum and Natural Gas 2011-2015", Jakarta: Badan Pusat Statistika/ BPS-Statistics Indonesia, 2015
- [2] S. Boudesocque, A. Mohamadou, A. Conreux, B. Marin, and L. Dupont, "The recovery and selective extraction of gold and platinum by novel ionic liquids (Accepted Manuscript)", *Separation and Purification Technology*, pp. 1-38, 2018.
- [3] M. Masilela and S. Ndlovu, "Extraction of Ag and Au from Chloride Electronic Waste Leach Solutions Using Ionic Liquids (Accepted Manuscript)", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, pp. 1-21, 2018.
- [4] W. D. Xing, M. S. Lee, and G. Senanayake, "Recovery of metals from chloride leach solutions of anode slimes by solvent extraction. Part I: Recovery of gold with Cyanex 272", *Hydrometallurgy*, vol. 180, pp. 58-64, 2018.
- [5] A. Cieszyńska and D. Wiecezorek, "Extraction and separation of palladium(II), platinum(IV), gold(III) and rhodium(III) using piperidine-based extractants (Accepted Manuscript)", *Hydrometallurgy*, pp. 1-36, 2018.
- [6] F. Rofika and T. A. Rachmanto, "Proses Hidrometalurgi Menggunakan Pelarut Aqua Regia Pada Recovery Logam Emas (Au) Limbah Elektronik PCB HP", *Jurnal ENVIROTEK*, vol. 9, no. 1, pp. 1-6, 2017.
- [7] M. Alimano and R. Rinjani, "Penelitian Awal Ekstraksi Emas Dan Logam Lainnya Dari Tanaman Akar Wangi

- (*Vetiveria Zizanioides*) Menggunakan Metode Klorinasi Basah”, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 13, no. 1, pp. 45-51, 2017.
- [8] D. M. Susiyadi, I. W. Dasna, and E. Budiasih, “Pemisahan Dan Karakterisasi Emas Dari Batuan Alam dengan Metode Natrium Bisulfit” *Jurnal Universitas Negeri Malang*, pp. 1-11, 2013.
- [9] I. Santoso, and Tatian, “Ekstraksi Emas dari Limbah Papan Sirkuit Telepon Genggam Menggunakan Teknik Membran Cair Emulsi”, *Valensi*, vol. 3, no. 2, pp. 45-50, 2013.
- [10] G. Deschenes and G. Wallingford, “Effect of Oxygen and Lead Nitrate on The Cyanidation of Sulphide Gold Ore”, *Mineral Engineering*, vol. 8, no. 8, pp. 923-931, 1995.
- [11] R. Perky, R. E. Browner, R. Dunnei, and N. Stoitis, “Low pH Cyanidation of Gold”, *Mineral Engineering*, vol. 12, no. 12, pp. 1431-1440, 1999.
- [12] E. A. Oraby, J. J. Eksteen, and B. C. Tanda, “Gold and copper leaching from gold-copper ores and concentrates using a synergistic lixiviant mixture of glycine and cyanide”, *Hidrometallurgy*, vol. 169, pp. 339-345, 2017.
- [13] T. O. Nunan, I. L. Viana, G. C. Peixoto, H. Ernesto, D. M. Verster, J. H. Pereira, J. M. Bonfatti, and L. A. C. Teixeira, “Improvements in gold ore cyanidation by pre-oxidation with hydrogen peroxide”, *Mineral Engineering*, vol. 108, pp. 67-70, 2017.